

# AVANCE A UN NUEVO TIPO DE REINTEGRACION DE LOS “BIENES CULTURALES”: METODOLOGIA DE RESTAURACION EN HUESO Y MARFIL

MANUEL FERNANDEZ MAGAN

Se entiende por “bienes culturales” (1), la expresión que satisface la necesidad de una designación que incluya la mayor parte de los objetos materiales asociados a las tradiciones culturales, y por ende entroncados a su raíz, fruto y designación de la cultura en sí.

Conocidos es por todos, la amenaza que sobre estos bienes culturales presenta la naturaleza, destacando los agentes atmosféricos, los efectos de la vegetación, de los insectos, y sobre todo del hombre. Esta amenaza es enorme y, en general, los métodos de tratamiento costosos.

Los problemas de conservación planteados por estos materiales (bienes culturales), no han sido hasta la fecha estudiados con “rigor” y sólo se han analizado parcialmente en trabajos determinados que se han orientado más al tratamiento “in situ” o a una “restauración”, que al estudio del proceso de alteración y su tratamiento de conservación subsiguiente.

Clásicos son los métodos que se han utilizado hasta estos momentos, ya que los esqueletos fósiles son a veces friables, hasta el punto de pulverizarse por el menor roce. Una de las formas empleadas para conservarse, era pintarlos dos o tres veces con blanco de ballena bien caliente. El exceso de esta sustancia que pueda quedar en la superficie del objeto se quita después pasando sobre él un papel encendido (2). Otras formas la han constituido los adhesivos cuyos componentes son el colapez y la cola de carpintero, que fraguaba tras veinticuatro horas, o bien la mezcla con albúmina, agua y yeso, que daba una papilla fluida. Todos estos métodos se vieron desfasados por la revolución que significó la entrada en el mercado de los acrílicos y acrilatos, que sirven para preparar gran cantidad de adhesivo de mejor calidad, todo ello dentro de los métodos de consolidación y conservación. Pero, en el proceso de reintegración, que es el apartado que nos ocupa, podemos destacar el colapez, como método de

---

(1) DAIFUKU, H.: “La importancia de los bienes culturales”, en *La conservación de los bienes culturales*, UNESCO, 1969, p. 21.

(2) HISCOX-AA. HOPKINS: *Recetario industrial*, Barcelona, 1979, pp. 357-358.

reintegración que hervido con agua daba una consistencia pastosa, y, mezclado con óxido de zinc, adquiriría una constitución parecida a la melaza.

Todo ello no quiere decir, que los métodos expuestos no den buen resultado o que no hayan cumplido su función, sino que la técnica se exige cada vez más a sí misma y supera día a día los métodos que introduce. Por ello se plantea este avance, ante las actuaciones en el campo y posterior reintegración en el laboratorio.

Por tratarse de un avance, no se presenta un desarrollo exhaustivo del método, quedando para una posterior publicación con mayor detalle, aunque sí damos sus principales características.

## PROCESADO DE LA PIEZA

Toda pieza (registro fósil) arqueológica, ha tenido que ser tratada "in situ" en el yacimiento en cuestión; pero en el caso de que ese tratamiento no se haya realizado de forma definitiva, es posible que sea necesaria la eliminación del consolidante que se le haya puesto, siempre que éste impida el tratamiento que se le vaya a aplicar.

Un primer paso a realizar, sería el quitar el soporte de la pieza en el caso de que lo tenga.

Una vez libre la pieza, se procede a la limpieza de la superficie, eliminando las pequeñas partículas que puedan existir sobre ella (bien tierra, concreciones, sales, etc.), por los métodos ya conocidos, todos ellos dependiendo del estado de la pieza a tratar.

En el caso en que la superficie aparezca muy deteriorada, aumentaremos la resistencia de la pieza a cualquier tipo de ataque químico o de efectos mecánicos, rellenando los poros y huecos existentes en el hueso con cualquier materia inerte, que normalmente son resinas sintéticas.

La reintegración es un problema de criterios, que se aplica indistintamente según los casos. Así, por ejemplo, en el caso de que exista una pieza suficientemente documentada como para añadir una parte nueva sin que ello signifique falsear el original, se procede a su reconstrucción (lám. IIb) o se deja como está, en el caso opuesto.

Aquí vamos a referirnos, más que a este aspecto, al problema de reforzar la estructura general de la pieza rellenando grietas o zonas faltas con una materia que no perjudique en ningún sentido la citada pieza. Para ello se utilizarán procedimientos tradicionales como el yeso o la escayola, u otros más modernos y sofisticados como el poliuretano o las resinas de solidificación por reacción química (3). Una vez rellenas estas zonas deberán igualarse o entonarse de color (4), con objeto de no perjudicar el aspecto estético de la pieza; para estos casos se utilizarán tierras naturales ligadas a una solución de resina sintética.

## CARACTERISTICAS DEL HUESO Y DEL MARFIL

En principio, y a grosso modo, los hallazgos de hueso y marfil están vinculados a tres dis-

(3) *La conservación de los bienes culturales*, UNESCO, 1969, p. 338.

(4) Esta tonalidad se puede observar en la lám. IV que fue la primera prueba realizada.

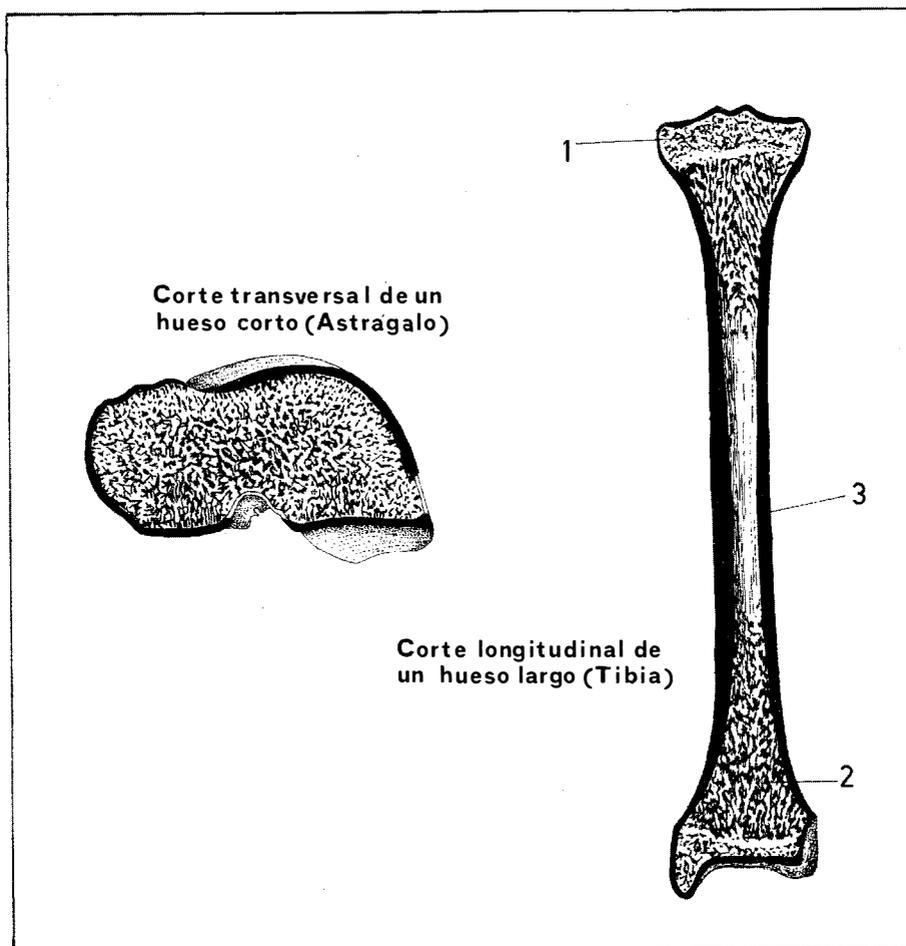


Fig. 1.— 1, Epifisis (tejido esponjoso); 2, diáfasis (tejido reticular); 3, diáfasis (tejido compacto) (5).

ciplinas determinadas de investigación, según se trate de restos de animales (Paleontología), de restos humanos (Antropología), o de útiles y objetos (Arqueología).

Estos registros "fósiles" presentan unas características concretas, que en el caso de los huesos, se limitarían en: 1) estructura física y 2) composición química (5).

El hueso es el tejido conjuntivo más duro del organismo por la mineralización; si atendemos a muestras de "hueso puro" y basándonos en la proporción en que aparece ésta en las distintas zonas, distinguiremos dos tipos de hueso:

— Hueso compacto, que corresponde a la diáfasis de los huesos largos y a la cortical de los planos y cortos (fig. 1).

(5) THORPE, E.: *Enciclopedia de la química industrial*, Barcelona, 1931, t. I, p. 18.

— El tejido óseo, que puede ser compacto, como el cuello de los huesos largos, o esponjoso y reticulado, como en los huesos planos del cráneo y en las extremidades de los huesos largos, donde una capa externa compacta recubre a una masa ósea esponjosa o diploide.

En cuanto a la composición química, hay que distinguir entre la fracción orgánica y la fracción inorgánica o química. La proporción en que se encuentran ambas en una pieza ósea una vez desecada ésta a 100° C es, en peso, el 75% para el mineral óseo (fracción inorgánica) y un 25% para la fracción orgánica.

La fracción orgánica está constituida por unas sustancias fundamentales que son los polisacáridos, los polímeros de ácidos glucóricos y la hexosanina, todos combinados con una nucleoproteína, el colágeno, que constituye las proteínas del hueso, las células óseas y las enzimas.

La fracción mineral, o mineral óseo, contiene una sal compleja de calcio y fosfato, sodio (Na), magnesio (Mg), potasio (K), cloro (Cl), flúor (F) y agua (H<sub>2</sub>O), como principales componentes (cuadro 1). Esta composición mineralógica es muy parecida entre los huesos de diferentes animales (6).

CUADRO 1

|  | <i>Hombre</i> | <i>Buey</i> | <i>Tortuga</i> | <i>Conejillo de India</i> |
|--|---------------|-------------|----------------|---------------------------|
| Fosfato cálcico<br>Ca <sub>3</sub> (PO) <sub>4</sub> 2   | 838,9         | 860,9       | 859,8          | 873,8                     |
| Fosfato Magnésico<br>Mg <sub>3</sub> (PO) <sub>4</sub> 2 | 10,4          | 10,2        | 13,6           | 10,5                      |
| Ca combinado con<br>CO <sub>2</sub> - F - Cl             | 76,5          | 73,6        | 63,2           | 70,3                      |
| Cl   | 1,8           | 2,0         | —              | 1,3                       |
| F  | 2,3           | 3,0         | 2,0            |                           |

Nota: Valores obtenidos en tantos por mil.

Para el marfil, los principales componentes orgánicos e inorgánicos son los mismos que en el hueso. Esto hace que sea imposible distinguir el marfil del hueso por procedimientos químicos. En los casos en que ha sido trabajado y decorado, resulta muy difícil a simple vista identificarlos. Es el examen microscópico el que permite identificarlos, ya que tanto el marfil como el hueso tienen una composición celular cuya microestructura es característica.

En un corte transversal, el hueso nos muestra un grano relativamente vasto con lagunas o huecos interiores característicos, mientras que el marfil, compuesto de un tejido duro y denso, es más compacto; este tejido se denomina dentina y se distingue por la presencia de una redícula compuesta de diminutas zonas lenticulares originadas por las intersecciones de

(6) El cuadro expuesto corresponde a los análisis de Zalesky en THORPE, E.: *Enciclopedia...*, op. cit., nota 5, de la cual hemos eliminado el dióxido de carbono que se presentaba parcialmente perdido en la incineración.

las estrías, que irradian desde el centro del colmillo. En circunstancias favorables, esta particularidad puede observarse en superficie con una lupa sin necesidad de efectuar el corte.

## METODO DE PREPARACION. PRUEBAS PREVIAS

Para el preparado de la pasta de reintegración utilizamos hueso de animal, con objeto de constituir una base de iguales o semejantes características de la pieza a tratar.

Los huesos de la cabeza, costillas, paletillas, etc., contienen de 12 a 13% de grasas, mientras que los huesos que tienen médula, esto es, los huesos largos, de las extremidades, contienen de un 18 a 20% de grasa (7). Esta grasa tiene que ser eliminada para dejar el hueso limpio. Para ello y como primer paso hervimos éstos, previamente desmenuzados, con agua en vasija abierta; este proceso de ebullición permite obtener sólo el 50% del total de las grasas contenidas. Este procedimiento se puede sustituir por el tratamiento de los huesos con vapor de agua a presión, o bien, tratándolos con un disolvente orgánico, con lo cual los tejidos animales quedan inalterados. Este disolvente, empleado en la extracción, es casi exclusivamente éter o aceites de esquisto, cuyo punto de ebullición esté comprendido entre 106° C y 130° C.

Limpio el hueso por cualquiera de los métodos empleados, se procede a su blanqueo, bien introduciéndolo en una solución de sosa cáustica, o, por el contrario, en una disolución en partes iguales de amoníaco y agua oxigenada 110 volúmenes. Si calentamos esta disolución se acelerará el proceso.

Una vez que se ha blanqueado el hueso, se oreo y se deja secar durante varios días. Ya seco, se pulveriza y tamiza, hasta alcanzar los grosores deseados (lám. I). En las pruebas realizadas se han utilizado un sin fin de mallas y hemos considerado las siguientes como las más óptimas:

### *Orden de grosores de la red*

- 1.<sup>a</sup>: 1,2 mm.
- 2.<sup>a</sup>: 0,50 mm.
- 3.<sup>a</sup>: 0,15 mm.
- 4.<sup>a</sup>: 0,124 mm.

Conseguido el tamizado, se realizaron nuevas pruebas, con objeto de ver cuál de los adhesivos existentes en el mercado proporcionaba los mejores resultados.

Una primera prueba se efectuó con una resina acuosa y se observó una excesiva elasticidad en la pasta obtenida, lo que le confería poco cuerpo para los resultados que se pretendían obtener en el proceso de reintegración.

Una segunda prueba se realizó con un adhesivo de reacción química, dando unos resultados relativamente buenos ya que este preparado adquiriría una buena consistencia y no llevaba consigo pérdida de volumen; pero, sin embargo, el proceso era irreversible, punto que dificulta en grado sumo cualquier tipo de reintegración.

Una tercera y última prueba se disolvió con el tipo de resinas que se endurecen con la pérdida del disolvente. Una de las utilizadas fue un copolímero acrílico. En este preparado se vio

(7) THORPE, E.: *Enciclopedia...*, op. cit., nota 5, pp. 280-282.

una evaporación brusca del disolvente y un arrastre de la resina a la superficie, endureciéndose ésta en detrimento de la zona interior del objeto a tratar, conllevando como resultado una fuerte fracturación de toda la superficie tratada. Este preparado no proporcionó los resultados satisfactorios a pesar del endurecimiento de la superficie, y se realizó otra prueba.

En esta segunda prueba se utilizó un adhesivo nitroceluloso y un disolvente orgánico en un 25%. Aquí se pudo constatar, al igual que en el anterior, la rápida evaporación del disolvente que llevaba consigo la fracturación de la superficie tratada, pero, en unas dimensiones infinitamente menores que la anterior prueba; al mismo tiempo, el interior de la pieza tratada no perdía cuerpo como sucedía cuando se utilizó el copolímero acrílico. Todo esto condujo a una segunda experiencia, donde se controló la evaporación, obteniéndose un óptimo resultado, ya que la zona tratada adquiriría una fuerte consistencia tanto en la superficie como en el interior de la misma, sin pérdida de volumen, creándose un cuerpo compacto y homogéneo con la pieza reintegrada.

El triturado óseo que se utiliza para la fabricación de la pasta variará en tonalidad desde un blanco hasta un amarillento, dependiendo del tiempo que se haya dejado orear; a mayor tiempo, más blanco en el tono obtenido. Para conseguir que la parte reintegrada se asimile lo mejor posible al original, habrá que dejarlo el mayor o menor tiempo y por ende no hay necesidad de ocultar o disimularlo ante la estética de la pieza, siempre que ésta así lo requiera.

Para finalizar el proceso, una vez que se ha reintegrado la pieza, procedemos al torneado, rascado, tallado o pulimento de la superficie, según se trate de huesos humanos, de animales o de marfil (láms. II y III).

Para su pulimento podemos emplear papel de esmeril fino, o sustituir este proceso por una franela y trípoli fino con agua; una tercera forma lo constituye la tiza y el agua, aplicados con un trapo de lana, o bien se frota el hueso con un poco de cera, la cual llena los poros más pequeños. Estos procesos no son sino algunas de las múltiples formas que existen para pulir la superficie reintegrada del hueso y del marfil (8).

## YACIMIENTOS Y RESULTADOS

Tras las pruebas realizadas en el laboratorio y vistos los resultados obtenidos con la última de las mismas (ya descrita en el apartado anterior), se aplicó este método por primera vez en el yacimiento de la Solana del Zamborino (Fonelas, Granada), excavado por el Dr. M. Botella López (9), quedando un buen acabado (lám. IV).

Una segunda reintegración se efectuó sobre varios de los huesos de uno de los enterramientos argáricos del yacimiento del Cerro de la Encina (Monachil, Granada) (10), excavado por el Dr. F. Molina González, obteniéndose igualmente un óptimo resultado (lám. V).

(8) HISCOX-AA. HOPKINS: *Recetario...*, op. cit., nota 2, p. 920.

(9) Este *Elephans* se encuentra actualmente depositado y expuesto en el Museo Arqueológico Provincial de Granada.

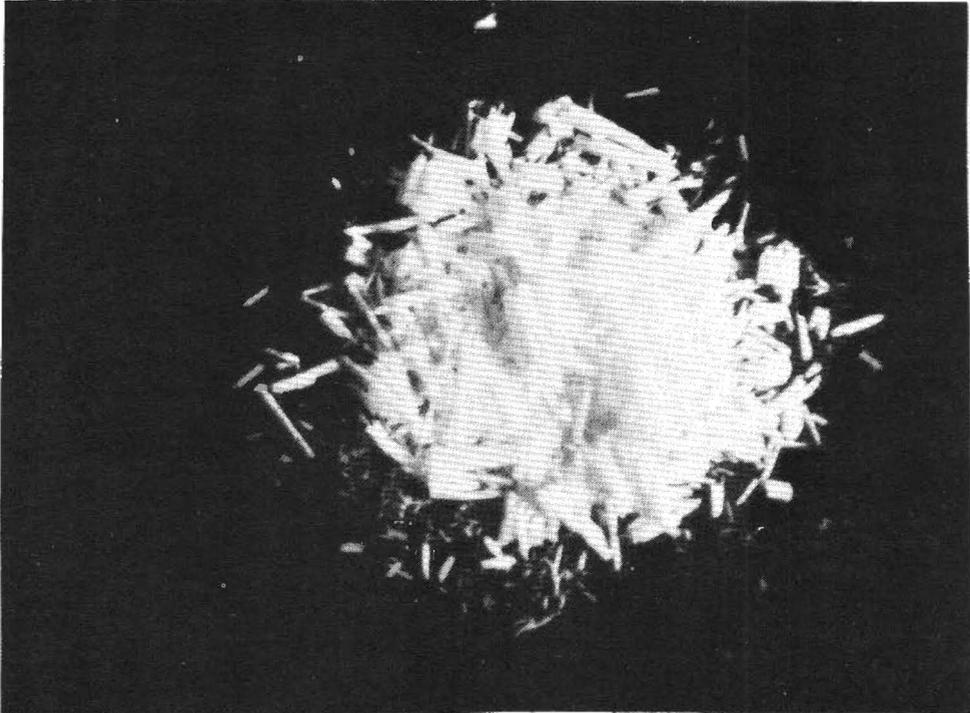
(10) Quiero agradecer la gentileza del Dr. Fernando Molina por la fotografía del enterramiento argárico del Cerro de la Encina (Monachil, Granada), incluida en la lám. V.

Pero la prueba definitiva, en la que se obtuvieron resultados inmejorables, fue la aplicada en las defensas de un *Elephans antiquus* aparecido en término municipal de Padul (Granada) (11). En estas defensas se puso a prueba la definitiva viabilidad del método, no sólo por su integración en una superficie muy deteriorada (lám. IIb), sino por su soporte base y su relleno interior de la defensa (láms. IIa y IIIa), para lo cual era necesario una pasta de suficiente entidad, que soportara el empuje y peso de dicha defensa y que al mismo tiempo presentara una elasticidad que permitiera realizar tan sutil trabajo.

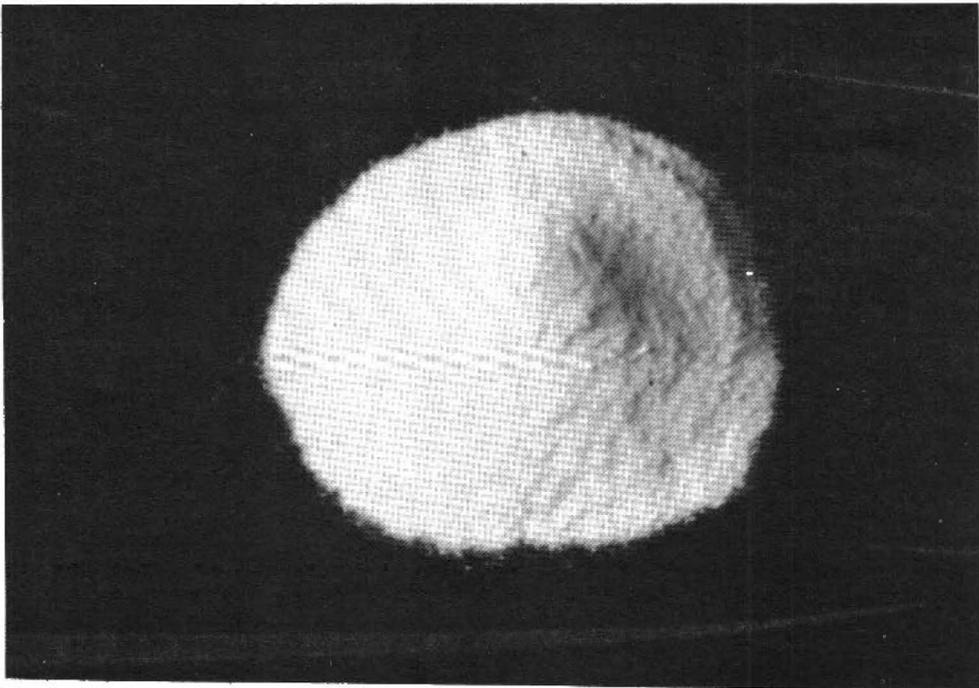
Los resultados vistos, confieren una definitiva viabilidad a este método y a todas las variantes expuestas. Así pues, entendíamos que la no presentación de un avance del mismo significaba el deterioro y obstáculo de esta exigencia que día a día nos acomete en la reintegración de nuestro pasado histórico.

---

(11) Campaña de excavación de 1983, realizada por la Facultad de Ciencias de la Universidad de Granada, a través del Departamento de Paleontología.



a

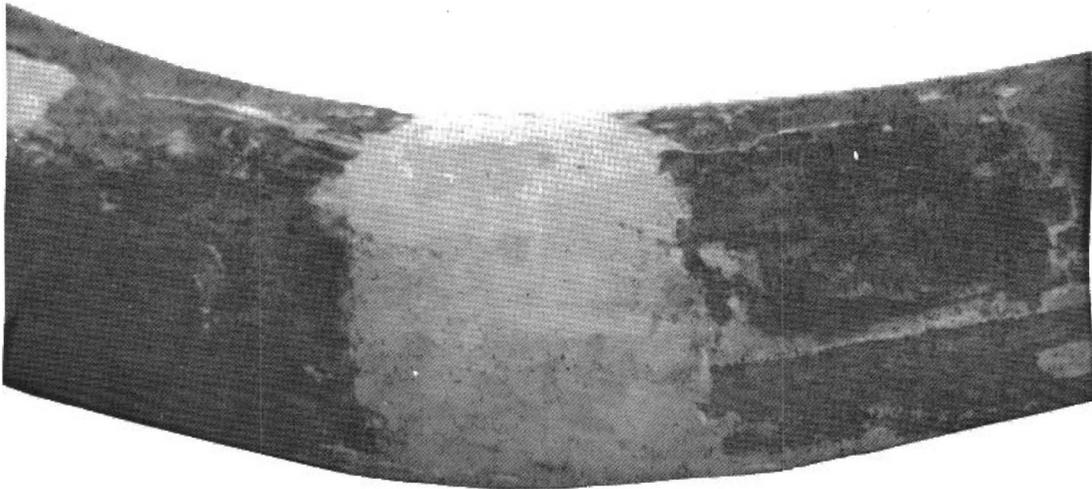


b

Lám. I.—a) Virutas de hueso una vez tratadas; se usan como base para la reintegración. b) Polvo de hueso.

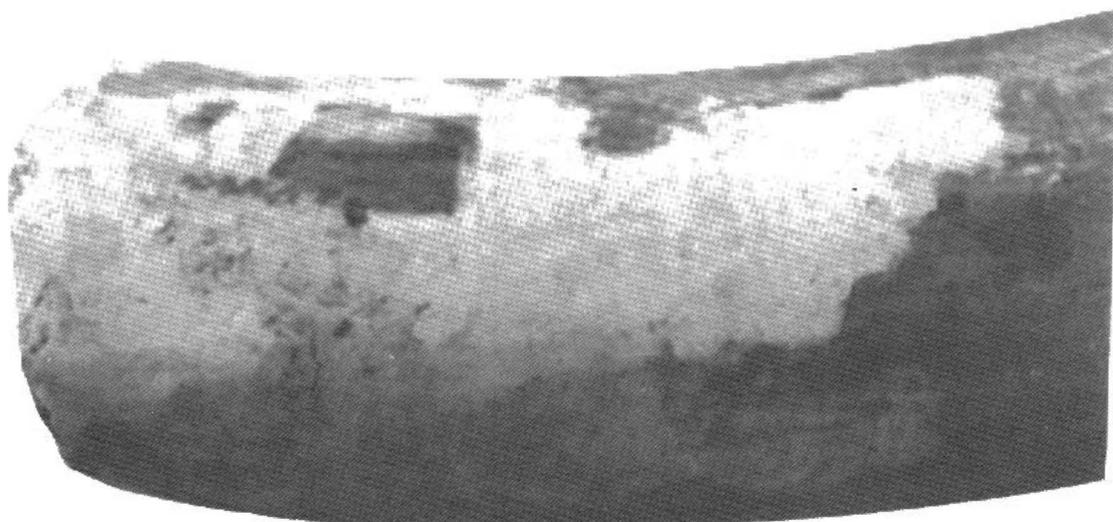


a



b

Lám. II.—a) Fragmento de la defensa del *Elephans antiquus* de Padul, donde se aprecia el primer paso antes del pulimento. b) La pieza reintegrada y pulida.

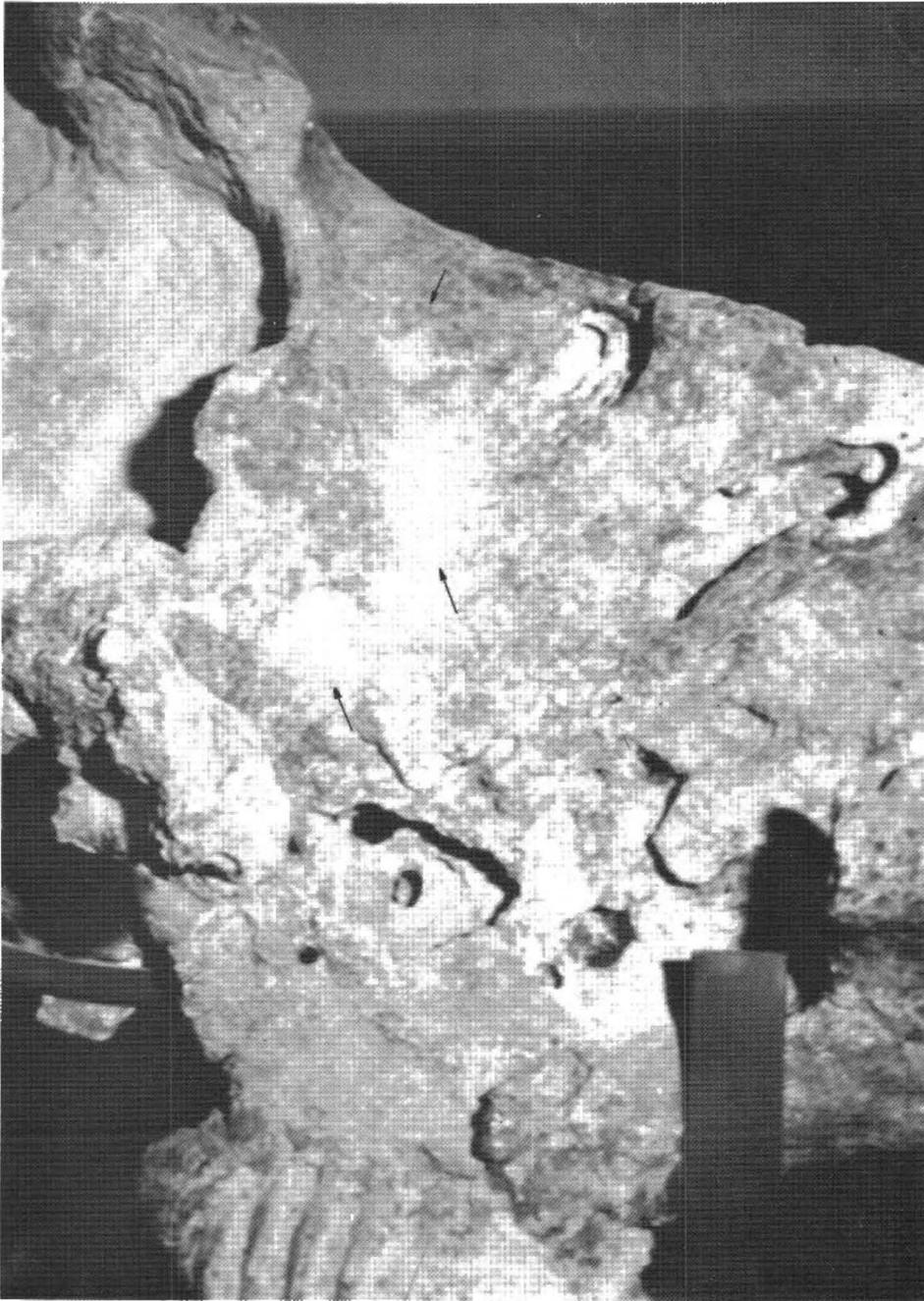


a



b

Lám. III.—a) Terminación final de la defensa del *Elephans antiquus* de Padul, donde aparece perfectamente reintegrada. b) Vista parcial de la mandíbula del *Elephans* por su lado derecho, donde aparece reintegrada y entonada.



Lám. IV.—Vista parcial del maxilar de *Elephans* de la Solana de Zaborino, donde se aprecian las partes reintegradas.



Lám. V.—Enterramiento argárico del Cerro de la Encina (Monachil), en el momento de ser limpiado; se han reintegrado la mayoría de los huesos largos y algunos otros.